

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN *HEAT EXCHANGER*
CROSS FLOW RECTANGULAR FIN TUBE VARIASI
MASS FLOW RATE FLUIDA DINGIN**



Tugas Akhir Ini Disusun Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana S-1 Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh:

**MUHAMMAD SYARIF HIDAYAT
NIM: D 200 140 168**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2018

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR



Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 70/A.4-II/TM/II/2018 Tanggal 19 Februari 2018 dengan ini:

Nama : Ir. Sartono Putro, M.T.

Pangkat/Jabatan : Lektor

Kedudukan : Pembimbing

memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa:

Nama : Muhammad Syarif Hidayat

Nomor Induk : D200140168

NIRM : -

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 8

Judul/Topik : RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN HEAT EXCHANGER CROSS FLOW RECTANGULAR FIN TUBE DENGAN VARIASI MASS FLOW RATE FLUIDA DINGIN

Rincian Soal/Tugas : - Desain dan pembuatan

- Pengujian dengan variasi *mass flow rate* fluida dingin

- Pengujian menggunakan 2 *fin* dan 4 *fin*

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan dengan sebagaimana mestinya

Surakarta, ..20...Februari....2018

Pembimbing

Ir. Sartono Putro, M.T.

Keterangan:

1. Warna biru untuk kajar
2. Warna kuning untuk pembimbing
3. Warna putih untuk mahasiswa

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul “**Rancang Bangun dan Pengujian Heat Exchanger Cross Flow Rectangular Fin Tube dengan Variasi Mass Flow Rate Fluida Dingin**” telah disetujui oleh pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh

Nama : MUHAMMAD SYARIF HIDAYAT
NIM : D200140168

Disetujui pada

Hari : Selasa
Tanggal : 5 Juni 2018

Dosen Pembimbing
Tugas Akhir



Ir. Sartono Putro, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul “**Rancang Bangun dan Pengujian *Heat Exchanger Cross Flow Rectangular Fin Tube* dengan Variasi *Mass Flow Rate* Fluida Dingin**” telah dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh

Nama : MUHAMMAD SYARIF HIDAYAT
NIM : D200140168

Disahkan pada

Hari :
Tanggal :

Dewan Penguji :

- | | | |
|--------------|----------------------------------|---------|
| 1. Ketua | : Ir. Sartono Putro, M.T. | (.....) |
| 2. Anggota 1 | : Ir. Agung Setyo Darmawan, M.T. | (.....) |
| 3. Anggota 2 | : Ir. Sunardi Wiyono, M.T. | (.....) |

Mengetahui

Dekan

Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

Ketua Jurusan

Teknik Mesin

Ir. Subroto, M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Syarif Hidayat

NIM : D200140168

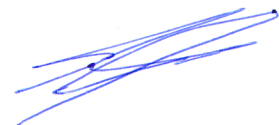
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin

Judul : **Rancang Bangun dan Pengujian *Heat Exchanger*
Cross Flow Rectangular Fin Tube dengan Variasi
Mass Flow Rate Fluida Dingin**

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya tulis yang penulis buat sendiri sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, kecuali beberapa sumber kutipan dan ringkasan yang telah penulis cantumkan sebagaimana mestinya dalam karya tulis ini.

Surakarta, 7 Juni 2018

Yang menyatakan



Muhammad Syarif H

MOTTO

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”
(QS. Mujadillah : 11)

“Berdo’a, berusaha, jalani proses dengan sebaik mungkin dan jangan menyerah untuk mencapai tujuan”
(Penulis)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulis persembahkan Tugas Akhir ini kepada:

- Orang Tua dan adik-adik tercinta
- Seluruh dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Seluruh rekan-rekan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN HEAT EXCHANGER
CROSS FLOW RECTANGULAR FIN TUBE VARIASI
MASS FLOW RATE FLUIDA DINGIN**

ABSTRAK

Heat exchanger merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan panas atau kalor antara dua fluida atau lebih tanpa terjadinya pencampuran (kontak langsung) antara fluida tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh mass flow rate fluida dingin terhadap perubahan temperatur fluida dingin, perubahan laju kalor yang diterima fluida dingin, koefisien perpindahan kalor total, koefisien perpindahan kalor fluida dingin, efisiensi heat exchanger, dan perubahan massa beban pengeringan berupa singkong pada heat exchanger cross flow 2 rectangular fin tube dan heat exchanger cross flow 4 rectangular fin tube.

Aliran yang digunakan merupakan aliran menyilang, dimana fluida dingin dialirkan menuju heat exchanger melalui tube. Fluida dingin tersebut akan menerima kalor dari fluida panas yang dihasilkan dari proses pembakaran gas LPG. Fluida panas dialirkan pada shell heat exchanger. Fluida dingin yang telah dialirkan dalam tube heat exchanger dan menerima kalor tersebut akan keluar menuju mesin pengering yang digunakan untuk mengeringkan singkong sebagai beban pengeringan.

Pada heat exchanger cross flow 2 rectangular fin tube, hasil optimal diperoleh pada fluida dingin dengan mass flow rate 0.022 Kg/s dengan perubahan massa singkong sebesar 0.2 Kg, laju kalor yang diterima fluida dingin sebesar 2755.3 watt, dan efisiensi heat exchanger 49.9 %. Pada heat exchanger cross flow 4 rectangular fin tube, hasil optimal diperoleh pada fluida dingin dengan mass flow rate 0.023 Kg/s dengan perubahan massa singkong sebesar 0.21 Kg, laju kalor yang diterima fluida dingin sebesar 3858.3 watt, dan efisiensi heat exchanger 69.9 %.

Kata kunci: *heat exchanger, fin, mass flow rate, kalor, fluida*

HEAT EXCHANGER CROSS FLOW RECTANGULAR FIN TUBE DESIGN AND TESTING WITH VARIATION MASS FLOW RATE OF COLD FLUID

ABSTRACT

Heat exchanger is an equipment used to move heat between two fluids or more without the occurrence of mixing (direct contact) between the fluids. The purpose of this research is to know the effect of cold fluid mass flow rate to cold temperature change of fluid, change of heat rate received cold fluid, total heat transfer coefficient, cold fluid heat transfer coefficient, heat exchanger efficiency, and change of curing load mass in the form of cassava at heat exchanger cross flow 2 rectangular fin tube and heat exchanger cross flow 4 rectangular fin tube.

The flow of this heat exchanger is a cross flow, where cold fluid is flowed to the heat exchanger through the tube. The cold fluid will receive the heat from the hot fluid generated from the LPG gas combustion process. Hot fluid is flowed on a heat exchanger shell. The cold fluid that has been flowed in the heat exchanger tube and receives the heat will go out to the drying machine used to dry the cassava as a drying load.

In heat exchanger cross flow 2 rectangular fin tube, the optimum result is obtained in cold fluids with mass flow rate of 0.022 Kg / s with the change of cassava mass of 0.2 Kg, the heat rate received by cold fluid of 2755.3 watt and efficiency of heat exchanger 49.9%. In the heat exchanger cross flow 4 rectangular fin tube, the optimum result is obtained in cold fluid with a mass flow rate of 0.023 Kg / s with a change of cassava mass of 0.21 Kg, heat receiving rate of 3858.3 watt, and heat exchanger efficiency of 69.9%.

Keywords: *heat exchanger, fin, mass flow rate, heat, fluid*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji syukur bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir yang berjudul **“Rancang Bangun dan Pengujian Heat Exchanger Cross Flow Rectangular Fin Tube Variasi Mass Flow Rate Fluida Dingin”**.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan, dukungan dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu dan bapak atas segala do'a dan dukungan yang telah diberikan.
2. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Subroto, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Sartono Putro, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir.
5. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir.
6. Bapak Joko Sedyono, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama masa perkuliahan.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan.
8. Rekan seperjuangan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, Eko Mulyo Wibowo, Aldi Kurnia Sura Pratama, Faisal Ardi Nugroho dan Beny Ariyanto.

9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung turut membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini mungkin masih memiliki beberapa kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharap adanya kritik dan saran demi perbaikan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
<i>KATA PENGANTAR</i>	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR RUMUS	xx
DAFTAR SIMBOL	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4

1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Perpindahan Panas	9
2.2.2 Teori Keseimbangan Kalor	12
2.2.3 Perpindahan Panas Gabungan antara Konduksi dan Konveksi.....	13
2.2.4 Metode LMTD dan Metode NTU	15
2.2.5 Jenis-Jenis <i>Heat Exchanger</i>	22
2.2.6 Sirip (<i>Fin</i>)	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Bahan Pengujian.....	29
3.2 Alat-alat Pengujian	30
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	36
3.4 Tempat Pengujian	36
3.5 Prosedur Pengujian.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Dimensi <i>Heat Exchanger</i>	39
4.2 Data Hasil Pengujian.....	39
4.3 Analisa Perhitungan	41
4.4 Pembahasan	51

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan 63

5.2 Saran 64

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perpindahan panas konduksi pada dinding	10
Gambar 2.2	Perpindahan panas konveksi.....	11
Gambar 2.3	Perpindahan panas gabungan pada pipa	13
Gambar 2.4	<i>Heat Exchanger</i> Aliran Searah	16
Gambar 2.5	Analogi Temperatur <i>Heat Exchanger</i> Aliran Searah	16
Gambar 2.6	<i>Heat Exchanger</i> Aliran Berlawanan Arah	16
Gambar 2.7	Analogi Temperatur <i>Heat Exchanger</i> Aliran Berlawanan Arah	17
Gambar 2.8	Diagram Faktor Koreksi <i>Heat Exchanger Cross Flow</i>	18
Gambar 2.9	Diagram Efektivitas-NTU <i>Heat Exchanger Cross Flow One Fluid Mix</i>	20
Gambar 2.10	Perbedaan Arah Aliran dan Hubungan profil temperatur pada <i>Concentric Tubes/Pipes Heat Exchanger</i>	23
Gambar 2.11	Skema <i>Shell and Tube Heat Exchanger one-shell pass and one-tube pass</i>	23
Gambar 2.12	Susunan Aliran <i>Multipass</i> Pada <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	24
Gambar 2.13	Perbedaan Konfigurasi Aliran Pada <i>Cross Flow Heat Exchanger</i>	25
Gambar 2.14	<i>Plate and Frame Heat Exchanger</i>	26
Gambar 2.15	Jenis-Jenis Sirip.....	27
Gambar 3.1	Tabung Gas LPG.....	29

Gambar 3.2	Singkong.....	30
Gambar 3.3	Desain <i>Heat Exchanger</i>	31
Gambar 3.4	Skema Aliran Fluida Pada <i>Heat Exchanger</i>	31
Gambar 3.5	Mesin Pengering Singkong Jenis <i>Rotary Dryer</i>	32
Gambar 3.6	Blower Sentrifugal.....	33
Gambar 3.7	Kompur Gas.....	33
Gambar 3.8	<i>Thermocouple</i>	34
Gambar 3.9	<i>Anemometer</i>	34
Gambar 3.10	Timbangan.....	35
Gambar 3.11	<i>Stopwatch</i>	35
Gambar 3.12	Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 3.13	Skema Instalasi Pengujian	37
Gambar 4.1	Diagram NTU.....	46
Gambar 4.2	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap Perubahan Temperatur Fluida Dingin (ΔT_c) <i>Heat Exchanger Cross Flow 2 Rectangular Fin Tube</i>	51
Gambar 4.3	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap Perubahan Temperatur Fluida Dingin (ΔT_c) <i>Heat Exchanger Cross Flow 4 Rectangular Fin Tube</i>	52
Gambar 4.4	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap Laju Kalor yang Diterima Fluida Dingin (\dot{q}_c) <i>Heat Exchanger Cross Flow 2 Rectangular Fin Tube</i>	53
Gambar 4.5	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap Laju Kalor yang Diterima Fluida Dingin (\dot{q}_c) <i>Heat Exchanger Cross Flow 4 Rectangular Fin Tube</i>	54

Gambar 4.6	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap koefisien perpindahan kalor total (U) <i>Heat Exchanger Cross Flow 2 Rectangular Fin Tube</i>	55
Gambar 4.7	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap koefisien perpindahan kalor total (U) <i>Heat Exchanger Cross Flow 4 Rectangular Fin Tube</i>	66
Gambar 4.8	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Fluida Dingin (h_c) <i>Heat Exchanger Cross Flow 2 Rectangular Fin Tube</i>	57
Gambar 4.9	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Fluida Dingin (h_c) <i>Heat Exchanger Cross Flow 4 Rectangular Fin Tube</i>	58
Gambar 4.10	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap Efisiensi (η) <i>Heat Exchanger Cross Flow 2 Rectangular Fin Tube</i>	59
Gambar 4.11	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap Efisiensi (η) <i>Heat Exchanger Cross Flow 4 Rectangular Fin Tube</i>	60
Gambar 4.12	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap Perubahan massa beban pengeringan (Δm_s) <i>Heat Exchanger Cross Flow 2 Rectangular Fin Tube</i>	61
Gambar 4.13	Pengaruh <i>Mass Flow Rate</i> Fluida Dingin (\dot{m}_c) Terhadap Perubahan massa beban pengeringan	

<i>(Δm_s) Heat Exchanger Cross Flow 4 Rectangular Fin</i>	
<i>Tube</i>	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efisiensi <i>Heat Exchanger Coss Flow</i> dan Kekurangan Pada Penelitian yang Telah Dilakukan.....	8
Tabel 2.2 Persamaan Efektivitas-NTU <i>Heat Exchanger</i>	21
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian <i>Heat Exchanger 2 Rectangular Fin Tube</i>	40
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian <i>Heat Exchanger 4 Rectangular Fin Tube</i>	40
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Data <i>Heat Exchanger 2 Rectangular Fin Tube</i>	49
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Data <i>Heat Exchanger 4 Rectangular Fin Tube</i>	50

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1	Laju Perpindahan Panas Konduksi.....	10
Rumus 2.2	Laju Perpindahan Panas Konveksi	11
Rumus 2.3	Laju Perpindahan Panas Radiasi.....	12
Rumus 2.4	Kesetimbangan Kalor.....	13
Rumus 2.5	Hambatan Total Perpindahan Panas.....	14
Rumus 2.6	Koefisien Perpindahan Kalor Total	14
Rumus 2.7	Angka Reynolds.....	14
Rumus 2.8	Angka Nusselt.....	14
Rumus 2.9	Koefisien Perpindahan Panas Konveksi	15
Rumus 2.10	Laju Perpindahan Panas LMTD	15
Rumus 2.11	Persamaan LMTD Aliran Searah	16
Rumus 2.12	Persamaan LMTD Aliran Berlawanan Arah	17
Rumus 2.13	Laju Perpindahan Panas LMTD dengan Faktor Koreksi	17
Rumus 2.14	Keefektifan Temperatur Pada Sisi Fluida Dingin	17
Rumus 2.15	Rasio Laju Kapasitas Energi Panas.....	17
Rumus 2.16	Efektivitas	18
Rumus 2.17	Laju Perpindahan Kalor Aktual	19
Rumus 2.18	Laju Perpindahan Kalor Maksimal	19
Rumus 2.19	Kapasitas Kalor Fluida Panas.....	19
Rumus 2.20	Kapasitas Kalor Fluida Dingin	19

Rumus 2.21 Rasio C	19
Rumus 2.22 <i>Number of Transfer Unit</i>	21
Rumus 2.23 Luas <i>Unfin</i> (Selimut <i>Tube</i>)	27
Rumus 2.24 Luas <i>Fin</i>	27
Rumus 2.25 Luas Total.....	28

DAFTAR SIMBOL

Simbol

\dot{q}_{actual}	= Laju Perpindahan Kalor Aktual (W)
\dot{q}_{max}	= Laju Perpindahan Kalor Maksimal (W)
\dot{q}	= Laju Perpindahan Kalor (W)
A	= Luas Permukaan (m^2)
A_{fin}	= Luas Permukaan <i>Fin</i>
A_{unfin}	= Luas <i>Tube</i> Tanpa <i>Fin</i>
C	= Kapasitas Kalor (W/K)
C_p	= Kalor Jenis (J/Kg K)
F	= Faktor Koreksi
h	= Koefisien Perpindahan Kalor (W/m^2K)
K	= Konduktivitas Thermal ($W/m K$)
\dot{m}	= Laju Massa (Kg/s)
m	= Massa (Kg/s)
NTU	= <i>Number of Transfer Unit</i>
Nu	= Angka Nusselt
R	= Hambatan Perpindahan Panas
Re	= Angka Reynolds
U	= Koefisien Perpindahan Kalor Total (W/m^2K)
ΔT	= Perubahan Temperatur (K)
ΔT_{LMTD}	= Perbedaan Temperatur Rata-rata Logaritma (K)

ε = Efektivitas

η = Efisiensi (%)

ν = Viskositas Kinematik fluida (m^2/s)

μ = Viskositas Dinamik fluida ($\text{Kg}/\text{m.s}$)

Subskrib

c = *Cool*

h = *Hot*

s = Singkong

i = Input

o = Output

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain *Heat Exchanger Cross Flow Four Pass* 3D

Lampiran 2 Desain *Heat Exchanger Cross Flow Four Pass* 2D

Lampiran 3 Desain *Shell*

Lampiran 4 Desain *Front Smoke Box*

Lampiran 5 Desain *Back Smoke Box*

Lampiran 6 Desain *Four Pass 2 Fin Tube Set*

Lampiran 7 Desain *Four Pass 4 Fin Tube Set*

Lampiran 8 Tabel Properties Udara

Lampiran 9 Tabel Properties Gas

Lampiran 10 Tabel HHV

Lampiran 11 Diagram NTU